

舗装補修に使用するひび割れ抑制シートの効果

寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○丸山 記美雄
金子 雅之
熊谷 政行

本研究は、積雪寒冷地の舗装ひび割れ補修に対してひび割れ抑制シートを使用した場合の延命化などの効果を、室内試験および現場調査によって評価するものである。

室内試験の結果、ひび割れ抑制シートのリフレクシオンクラック抑制効果が確認された。現場調査は、低温ひび割れと亀甲状の疲労ひび割れ発生箇所での補修にひび割れ抑制シートを使用した場所を対象に行っており、低温ひび割れ補修箇所ではひび割れ再発率の低減等の効果が、疲労ひび割れ補修箇所ではひび割れ再発抑制効果が確認された。これらの補修工法は、損傷原因や損傷部位を完全に取り除いているわけではないため抜本的な対策ではないが、舗装維持修繕に要する費用の削減努力が求められる中で現在ある舗装資産の延命化を図り、有効に活用するという観点では有効な補修工法となりうる。

キーワード：ひび割れ抑制シート、延命化、リフレクシオンクラック、疲労ひび割れ

1. はじめに

維持修繕全般に要する費用の削減努力が厳しく求められている中、舗装補修においても既存の舗装資産の延命化を図り、有効に活用するという観点に立った工法の実現を行う必要性が高まっていると考えられる。既存の舗装を生かし、有効に活用するための一手法として、舗装補修時にひび割れ抑制シートを使用する方法が存在する。

舗装の補修に際して、ひび割れ抑制シートはこれまでも現場において活用されてきている。特に、不織布を基材としたタイプのひび割れ抑制シートを用いることが従来は多かったが、その効果に関する定量的な追跡調査データは少なく、費用対効果が明らかとはいえない点が課題といえる。さらに近年では、ガラス繊維などの強度の高い基材を用いたシートの出荷実績が多くなっており、これらのタイプのシートのひび割れ抑制効果についても明らかにしていく必要があると思われる。

そこで、本研究では、各種のシートのひび割れ抑制効果、ひび割れ発生遅延効果、シートの材質による効果の違いなどについて、室内試験や現地調査によって検討した結果を整理し若干の検討を加えた。

ひび割れ抑制シートの性質は、基材のタイプ、被膜する特殊アスファルトの性質、材料の厚さと幅、貼付け方法（接着方式、流し貼り方式、釘止め方式など）などによって影響されるため、単純に分類できない面があるが、本論文では基材の材質に応じて大まかに以下の4種類のタイプに分類した。

- a. 合成繊維不織布を基材とするタイプ
- b. ガラス繊維メッシュorシートを基材とするタイプ
- c. ビニロン繊維メッシュを基材とするタイプ
- d. ステンレス繊維メッシュを基材とするタイプ

現在市場に出回っている製品を上記の4種類のタイプに分けて、各々のタイプの長手方向と幅方向の引張強度（カタログ値）を整理した結果を図-2に示す。図-2からは、合成繊維不織布を基材とするタイプよりも、ガラス繊維を基材とするタイプの引張強度が高い傾向にあるなど、基材の材質によってひび割れ抑制シートの強度が異なることが分かる。各々のタイプの特徴を表-1に示すが、一般的な傾向として不織布を基材とするタイプは引張強度は小さいが伸び率が高く、各種の繊維メッシュやシートを基材とするタイプは不織布を基材とするタイプに比べて引張強度が高く伸び率が小さい特徴がある。

2. ひび割れ抑制シートとは

(1) ひび割れ抑制シートの概要と種類

ひび割れ抑制シートは、概ね図-1に示すような断面構造をしており、布状やシート（薄い板）状やメッシュ（網目）状の基材に、特殊アスファルトや特殊ゴムアスファルトを含浸または被膜させて1mm～3mm程度のシート状にした構造をもつ。

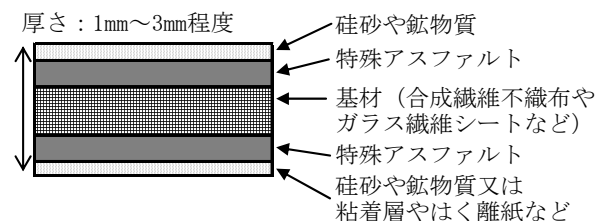


図-1 ひび割れ抑制シートの断面概要図

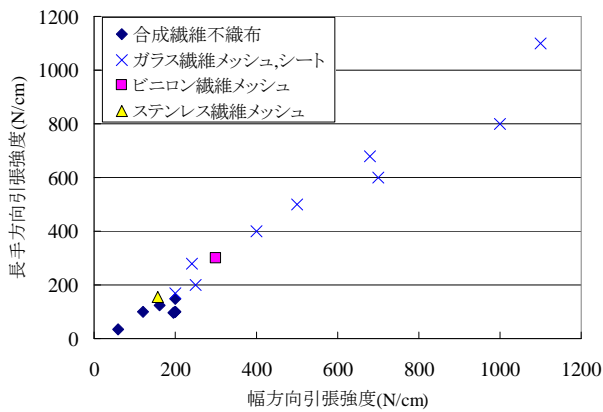


図-2 ひび割れ抑制シートの引張強度(基材の材質別)

表-1 ひび割れ抑制シートの特徴(基材の材質別)

基材の種類	特徴
合成繊維不織布	引張強度は比較的小さい傾向(50~200N/cm程度) 伸び率が大きく(30%以上)、変形や伸びに追随する
ガラス繊維メッシュ	直交する繊維方向の引張強度が高く(200~1000N/cm程度) 直交する繊維に対して斜め方向の引張強度は小さい傾向にある 伸び率は小さい(数%程度) 柔軟性があり、切削面などの凹凸に追随しやすい
ガラス繊維シート	直交する繊維方向の引張強度が高く(200~1100N/cm程度) 直交する繊維に対して斜め方向の引張強度も比較的良好 伸び率は小さい(数%程度) ハリがあり、切削面などの凹凸に追随しにくく空隙が残ることがある
ピニロン繊維メッシュ	直交する繊維方向の引張強度が高く(300N/cm程度) 直交する繊維に対して斜め方向の引張強度は小さい傾向にある 伸び率は小さい(数%程度)
ステンレス繊維メッシュ	直交する繊維方向の引張強度が高く(150N/cm程度) 直交する繊維に対して斜め方向の引張強度は小さい傾向にある 伸び率は小さい(数%程度)

(2) ひび割れ抑制シートの用途

ひび割れ抑制シートの用途としては、主にリフレクションクラック抑制効果を期待して次に示すような箇所に使用されるが、荷重分散性能の向上や、流動わだち掘れの抑制などの効果を期待する場合も存在する。

- 既設アスファルト舗装をオーバーレイする際の
低温ひび割れ部の処理、縦断ひび割れ部の処理、
疲労ひび割れ部(亀甲状ひび割れ部)の処理
- コンクリート舗装版をオーバーレイする際の目
地部処理

本論文においては、ひび割れ抑制シートのリフレクションクラック発生遅延効果に着眼点を置き、室内試験にて検証を行い、さらに、北海道の国道で良く見ることが出来る低温ひび割れと疲労ひび割れに対する補修効果を現場試験によって検証した。以下にその内容と結果を述べる。

3. 室内試験

(1) 室内試験方法

舗装に用いるひび割れ抑制シートのリフレクションクラック抑制効果を評価する試験方法は、建設省土木研究所によって提案されたホイールトラッキング試験機を利用した試験方法¹⁾を基本に、試験条件を若干変更して評価を行った。この試験は、写真-1に示すように、ひび割

れを模した隙間を開けた基層の上に、ひび割れ抑制シートおよび表層混合物を舗装した供試体に対して、写真-2のようにホイールトラッキング試験機による荷重作用を与えることによって、表層混合物層にせん断と曲げを生じさせて、リフレクションクラックの発生を模擬する試験である。本研究での試験条件を表-2に、試験対象とした供試体種類を表-3に示す。シートの有無およびシートの基材が不織布の場合とガラス繊維系の場合による違いと、表層混合物がストアスの場合と改質II型の場合および改質III型WFの場合の違いを検証することを狙いとした。

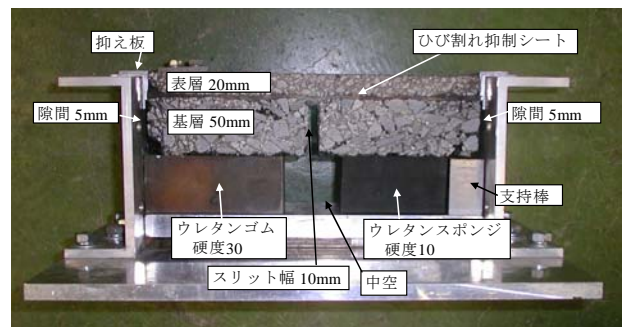


写真-1 リフレクションクラック模擬試験の概要

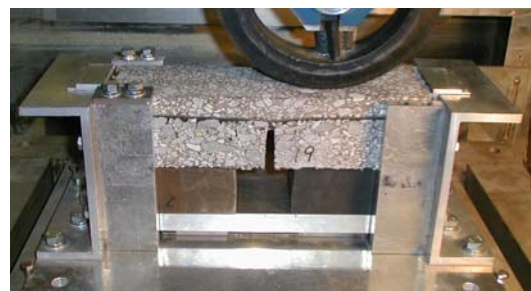


写真-2 リフレクションクラック模擬試験状況

表-2 リフレクションクラック模擬試験条件

試験温度	10~15℃(室温)
供試体寸法	厚50×幅80×長さ300 mm
表層厚	20mm
基層厚	50mm
中央のスリット幅	10mm
両端の隙間	5mm
ゴム硬度	JIS硬度 30及び10
荷重荷重	686N (70kgf)
走行距離	230mm
走行回数	21往復/分

表-3 試験を行った供試体の種類

表層	シート	基層
密粒度アスコン13F (ストアス80-100)	シートなし	粗粒度アスコン (ストアス80-100)
	合成繊維不織布シート	
	ガラス繊維シート	
細密粒度Gアスコン13F55 (改質II型)	シートなし	粗粒度アスコン (ストアス80-100)
	合成繊維不織布シート	
	ガラス繊維シート	
細密粒度Gアスコン13F55 (改質III型WF)	ガラス繊維シート	粗粒度アスコン (ストアス80-100)
	ガラス繊維シート	

(2) 室内試験結果

室内試験によるリフレクションクラック貫通までの時間を図-3に示す。表層混合物が同じもの同士を比較すると、ひび割れ抑制シートが無い場合に比べて、ひび割れ抑制シートがあるものはリフレクションクラックが貫通するまでの時間が遅いことが分かる。さらに、シートの基材が不織布の場合に比べて、シートの基材がガラス繊維の場合のほうが、リフレクションクラックが発生するまでの時間が遅いことが分かる。

表層混合物にストアス混合物に変えてポリマー改質Ⅱ型混合物を用いることによって、舗装体のひび割れ抑制効果が高まることが分かる。これは、改質アスファルトの変形追従性や疲労抵抗性が、ストアスに比べて高いためであると考えられる。

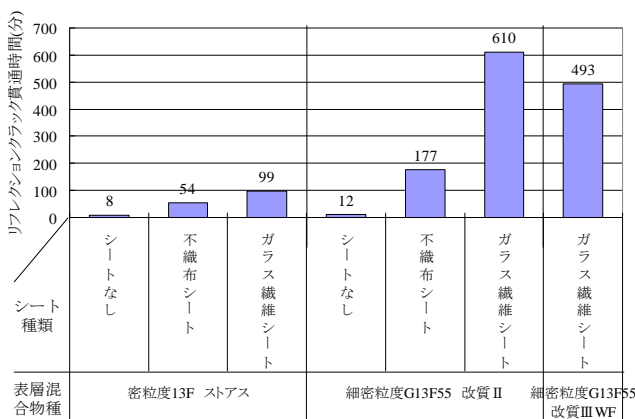


図-3 リフレクションクラック貫通時間

4. 低温ひび割れ補修箇所での現場調査

北海道の道路において、積雪寒冷地特有の舗装損傷現象のひとつに写真-3に示すような低温ひび割れがある。このひび割れは、北海道の中でも厳しい温度低下がある地域に主に発生し、また、交通量が少なくアスファルト舗装厚が比較的薄い所に多いことが報告されている²⁾。また、低温ひび割れはそのまま放置すると、そこから雨水等が進入し、路盤、路床の破壊にまで至ることがあるため、適時適切に補修する必要がある。低温ひび割れの補修工法としては、ひび割れ開口部へのシール材注入後、ひび割れ抑制シートを敷設し、その上にオーバーレイする工法が標準的に行われている。しかし、低温ひび割れ発生地域の中でも特に寒さの厳しい地域では、上述のような標準的補修工法の施工後1冬を経過した時点で再びクラックが発生してしまうことがままある。

本検討では、このような非常に厳しい条件下における低温クラック発生箇所において、標準的補修工法を含む2種類の補修工法を用いて試験的に補修を行い、1冬経過後および4冬経過後の現地調査からひび割れ再発抑制効果の持続性を検証した。



写真-3 低温ひび割れ

(1) 低温ひび割れ補修箇所の概要

調査対象箇所は、国道275号幌加内町KP=162~163の区間であり、図-4に試験施工の区間割りを示す。同一車線上に隣接して、合成繊維不織布を基材としたシートを用いた補修区間(以下、合成繊維不織布シート区間)と、ガラス繊維シートを基材としたシートを用いた補修区間(以下、ガラス繊維シート区間)の2種類の区間を設けて、補修後のひび割れ再発状況を比較した。

ちなみに、合成繊維不織布シート区間は、図-5右図に示すように、既設舗装にクラックシール材注入+ひび割れ抑制シートA(合成繊維不織布を基材、幅W=330mm)敷設+レベリング層(粗粒度アスコン平均厚32mm)+表層(密粒度アスコンt=30mm)で補修している。本補修工法は、低温ひび割れの補修として最も標準的に用いられており、実績も多い工法である。一方、ガラス繊維シート区間は、図-5左図に示すように、クラックシール材注入+ひび割れ抑制シートB(ガラス長繊維シート芯材アスファルトシート 幅W=500mm)敷設+レベリング層(粗粒度アスコン平均厚32mm)+表層(密粒度アスコンt=30mm)で補修している。本シートは、ガラス繊維を一方向に引きそろえた薄肉シートを積層し、両面に改質アスファルトを塗布したものである。

試験施工位置近傍の1980年~2000年の凍結指数の平均値は943°C・日と、北海道内の観測地点の平均値585°C・日よりも高く厳しい寒さに晒される箇所といえる。

表-4に、各区間の補修前の既設舗装における低温ひび割れ本数を示す。補修前の低温ひび割れ発生状況はどちらの区間もほぼ同程度であることが分かる。また、ひび割れ率もガラス繊維不織布区間で11.9~14.4%、合成繊維不織布シート区間で10.2~11.7%であった。以上のことから、補修前の各々の区間はほぼ同程度のひび割れ発生状況であり、補修後のひび割れ再発を追跡比較するのに好都合であることが分かる。

(2) 低温ひび割れ補修箇所調査結果

施工後1冬を経過した後の各区間のひび割れ再発状況図を図-6に、ひび割れ再発本数を表-5に示す。1冬経過時点で既にひび割れの再発が認められ、そのひび割れは補修前のひび割れ箇所と同じ箇所に発生していることが確認できた。図-6および表-5から、合成繊維シート区間では補修前のクラック本数(表-4)と比較すると約1/3で再発していることが分かる。本調査箇所のような非常に厳しい低温環境下では低温クラック補修手法として実績のある合成繊維シートでも低温ひび割れ抑制効果に限界があるものと考えられる。一方で、ガラス繊維シート補修区間の方がクラックの再発本数が少なく、したがって再発率が低いことも分かる。クラック幅についても、合成繊維シート補修工区では最大3mm程度、ガラス繊維シート補修区間では最大1mm程度と差があった。クラック部の角欠けや損傷の広がり防止のために、合成繊維シート補修区間に発生した3mm程度のひび割れにはクラックシール材の注入処理の手間を要している。

次に、施工後4冬を経過した後の各区間のひび割れ再発状況図を図-7に、ひび割れ再発本数を表-6に示す。両工区とも、1冬経過時点よりもひび割れ再発本数が増加しているが、ガラス繊維シート区間の方がひび割れの再発本数が少なく、したがって再発率が低い傾向に変わりは無い。合成繊維不織布区間では、約半数のひび割れが再発しているのに比べて、ガラス繊維シート区間では再発率が30%程度と低くなっている。

これらのことから、ひび割れ抑制シートの種類によって効果に若干の違いが認められ、ガラス繊維シートは合成繊維シートよりもクラック抑制効果が高いと言える。ただし、いずれのシートもひび割れの再発を遅延させる効果があり、厳しくいえば若干の程度の差があるだけと評価することも可能である。経済性の面では、ガラス繊維シート補修は、表-7に示すように合成繊維シートより材料費が高いため工事費が若干高価であるので、その後の補修費を含めたLCCが有利となるか否か、今後の引き続き検討を進める必要があると考えている。

表-4 補修前の低温ひび割れ本数

	ガラス繊維シート区間(L=270m)	合成繊維不織布シート区間(L=200m)
補修前 全ひび割れ 本数(本)	31	23
補修前 単位本数 (本/100m)	11.5	11.5

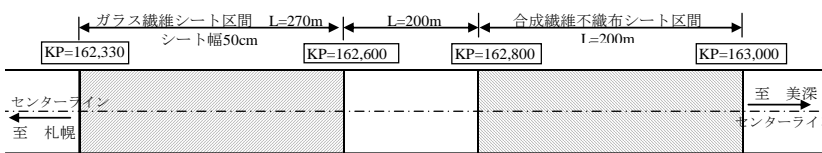


図-4 低温ひび割れ補修箇所の平面図

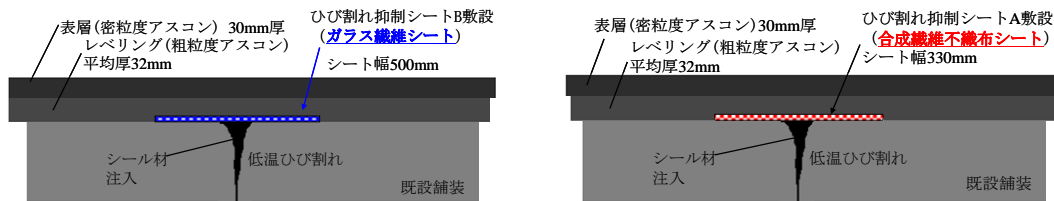


図-5 低温ひび割れ補修 各区間の概略図(左: ガラス繊維シート区間 右: 合成繊維不織布シート区間)

表-5 1冬経過後の再発クラック状態

	ガラス繊維シート区間(L=270m)	合成繊維不織布シート区間(L=200m)
ひび割れ発生本数(本)	4	8
単位本数(本/100m)	1.48	4
再発率(%)	13	35
ひび割れ幅(mm)	1mm程度	3mm程度

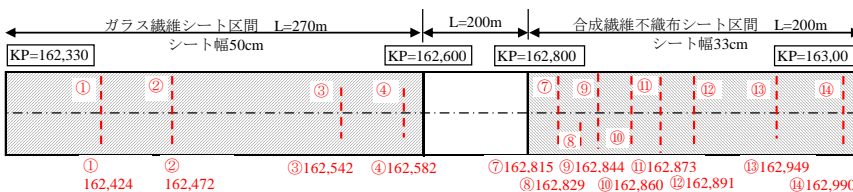


図-6 1冬経過後のひび割れ概略図

表-6 4冬経過後の再発クラック状態

	ガラス繊維シート区間(L=270m)	合成繊維不織布シート区間(L=200m)
ひび割れ発生本数(本)	10	12
単位本数(本/100m)	3.7	6.0
再発率(%)	32	52

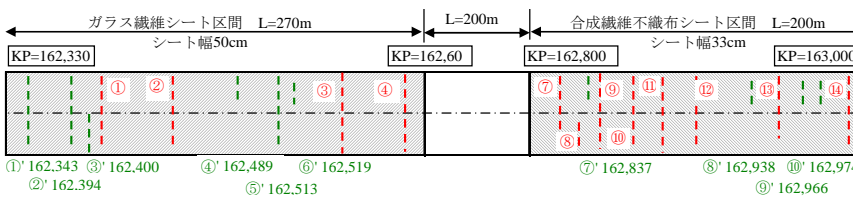


図-7 4冬経過後のひび割れ概略図

表-7 工事費比較

		ガラス繊維シート補修	合成繊維シート補修
低温ひび割れ 100mに5本の 場合	L=100m 直工費(円)	1,363,646	1,333,955
	舗装㎡当り 単価(円)	1,515	1,482
低温ひび割れ 100mに10本の 場合	L=100m 直工費(円)	1,441,851	1,382,469
	舗装㎡当り 単価(円)	1,602	1,536

5. 疲労ひび割れ補修箇所での現場調査

(1) 疲労ひび割れ補修箇所の概要

ひび割れ抑制シートの疲労ひび割れ補修効果を検証する目的で、平成19年度に試験施工を行っている。試験施工箇所は国道36号苫小牧市美々、交通量区分はN₇ (3,000台以上、旧D交通) の路線箇所である。ここに、平成2年に交通量区分N₅ (250以上1000台未満、旧B交通) 対応の開発局舗装標準断面(表層4cm、基層5cm、上層路盤6cm)を試験的に延長60m設けていたが、平成19年度の時点で図-8に示すような亀甲状の疲労ひび割れが全区間に亘って発生しており、ひび割れ率が26%、わだち掘れ量が16.5mmと補修が必要な状況となったことから、補修に際して前述した目的の試験を行ったものである。補修



図-8 補修前の路面の疲労ひび割れ状況(幅員3.5m、延長60m区間)

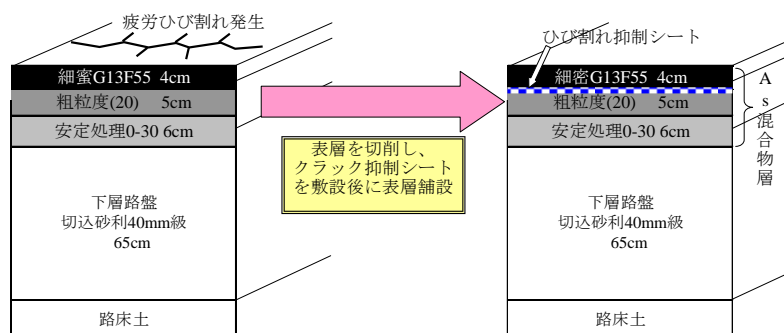


図-9 疲労ひび割れ補修方法概要図



写真-4 ひび割れ抑制シート貼り付け後の状況

表-8 追跡調査項目

わだち掘れ量
平坦性
ひび割れ率
交通量及び輪荷重
FWDによるたわみ量

表-9 路面性状追跡調査結果

測定項目	測定年月						
	H19.11	H20.5	H20.10	H21.6	H21.10	H22.6	H22.10
わだち掘れ量(mm)	0.8	2.4	2.9	3.3	3.7	3.4	4.5
平坦性(mm)	1.13	1.23	1.05	1.16	1.21	1.23	1.3
ひび割れ率(%)	0	0	0	1.24	1.36	1.36	1.36

工事は平成19年10月末に実施され、補修後に一般交通に供用されて約3年2ヶ月経過している。

補修方法の概要を図-9に示すが、既設舗装の表層を4cm切削後、ガラス繊維シートを基材に用いたひび割れ抑制シートを既設舗装の基層表面タイヤ通過位置に1m幅で縦断方向に連続して流し貼りし、表層に細密粒度ギャップアスコン13F55 (改質II型) を4cm舗設している。したがって、疲労ひび割れが発生した既設舗装は、部分的にシートの下にそのまま残存した状態である。ひび割れ抑制シート貼り付け後の状況を写真-4に示す。追跡調査項目は表-8に示すとおりであるが、試験目的がひび割れ抑制シートの疲労ひび割れ補修効果を検証することであるから、特にひび割れの再発状況の観察に重点を置いて調査している。

(2) 疲労ひび割れ補修箇所調査結果

供用後約3年間のわだち掘れ量、平坦性、ひび割れ率などの路面性状追跡調査結果を表-9に示す。特にひび割れ率に着目すると、約3年経過時点でひび割れ率は1%程度であり、ひび割れの再発はほとんど見られていない。

次に、交通量および車両重量調査結果を表-10に示す。日当りの大型車交通量は約1,700台/車線である。また、輪荷重の49kN換算輪数は日当たりで約1,300輪であり、補

修理事実施後、約3年2ヶ月経過までの間の累計49kN換算輪数は180万輪(平成23年1月現在値)に達している。舗装断面自体は交通量区分N₅(250以上1,000台未満、旧B交通)に対応したものであり、その大型車交通量の上限1,000台/日に比べて、本試験箇所は約1.7倍の交通量であることがわかる。つまり、設計の想定より多くの交通量が通過する箇所での促進載荷試験の意味合いを持っている。また、交通量区分N₅(250以上1,000台未満、旧B交通)の疲労破壊輪数は100万回/10年であるので⁴⁾、約3年2ヶ月経過までの間に既に疲労破壊輪数を上回る49kN換算輪数が通過していることになる。

以上を整理すると、1,700台/日の大型車交通量に対して少なくとも約3年ほどひび割れの再発が無いことから、交通量区分N₅(250以上1,000台未満、旧B交通)の大型車交通量上限1,000台/日の場合には単純計算で3×1.7=5.1年までのひび割れ抑制効果が確認できたことになる。交通量区分N₅(旧B交通区分)の疲労破壊輪数を累積49kN換算輪数が超過してもひび割れの再発がほぼ無いことから、ガラス繊維シート基材のひび割れ抑制シートによってひび割れの発生が抑制されているものと評価できる。

FWD調査結果を図-10に示す。シートの敷設によって補修前後でたわみ量は改善傾向を示すと予想していたが、シートを敷設したIWP部(Inner Wheel Path、内側タイヤ通過位置)のたわみ量は、補修の前後で明確な改善傾向は見られないようである。ちなみに、シートを貼っていないBWP部(Between Wheel Path、非わだち部)のたわみ量にも改善の傾向は見られない。以上のことから、ガラス繊維シートを基材としたひび割れ抑制シートを敷設しても、疲労破壊した舗装のたわみ量を改善する効果は期待できないようである。舗装体自体は疲労ひび割れによって健全とはいえない状態にあるものの、ひび割れ部のせん断変形などをシートが抑制することによって、表層混合物にひび割れが発生することを抑えていると推測している。

表-10 交通量および車両重量調査結果

測定年	交通量調査結果(台/日)		輪荷重測定結果(輪/日)
	全交通量	大型車	日49kN換算輪数
2007年(H19)	5,678	1,652	1,480
2008年(H20)	5,635	1,634	1,518
2009年(H21)	5,788	1,507	1,126
2010年(H22)	5,722	2,167	1,245
平均	5,706	1,740	1,342

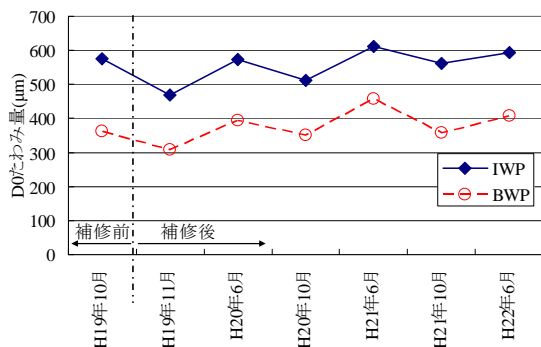


図-10 補修前後のFWDたわみ量の推移

6. まとめ

本研究をまとめると以下のとおりである。

- (1) 室内試験から、ひび割れ抑制シートはリフレクションクラックの発生を遅延させる効果が確認できた。また、シートの基材に合成繊維不織布とガラス繊維を使用しているものを比較すると、ガラス繊維を使用したものの方が効果が高いことが確認できた。
- (2) 低温ひび割れ補修箇所における試験施工と追跡調査結果から、ひび割れ抑制シートによって、低温ひび割れの再発がある程度抑制できている状況が確認できた。また、シートの基材に不織布とガラス繊維を使用しているものを比較すると、ガラス繊維を使用したものの方がひび割れ再発率は若干小さく、再発したひび割れの開口幅も狭い状況が確認できた。
- (3) 疲労ひび割れ補修箇所における試験施工と追跡調査結果から、ひび割れ抑制シートによって疲労ひび割れ部のリフレクションクラックの発生を抑制する効果が見られた。

ひび割れ抑制シートによる補修工法は、損傷原因や損傷部位を完全に取り除いているわけではないため抜本的な対策とは言いがたい。特に、疲労ひび割れが発生している状態は、舗装体が疲労破壊しており所定の支持力を有していない状態と判断されるため、理想的には破損部分を撤去し打替工法を採用するのが当然望ましい。しかし、舗装維持修繕費に限られる中で現在ある舗装資産の延命化を図り有効に活用するという観点では、ひび割れ抑制シートの活用が有効な対策となりうるということが示されたと考えている。

おわりに

低温ひび割れ補修箇所は補修工事後約5年、疲労ひび割れ補修箇所は約3年までの結果に基づいて検証したが、ひび割れの経過を十分に観察できたとは言いがたい。今後も引続き追跡調査を実施し、ライフサイクルコスト(LCC)についても比較検証を行っていく必要がある。最後に、試験施工にご協力いただいた札幌開発建設部および室蘭開発建設部の関係各位に謝意を表す。

(参考文献)

- 1) 池田：室内試験によるひび割れ防止材の評価方法、道路建設、1988年8月
- 2) 菅原、久保、森吉：寒冷地舗装に発生する横断ひび割れ、道路、1978年8月
- 3) 阿部、小笠原、野竹：アスファルト舗装の低温クラックの評価と補修工法について、第21回日本道路会議論文集
- 4) 日本道路協会：舗装設計便覧、平成18年2月